

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96107912

※ 申請日期：96.3.7

※IPC 分類：H03M 13/11 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

數位通信系統及用於低密度奇偶校驗編碼的 16APSK 系統的位元映射方法
BIT MAPPING SCHEME FOR AN LDPC CODED 16APSK SYSTEM

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

中天聯科科技有限公司 / AVAILINK INC

代表人：(中文/英文) 孫鳳文 / SUN, FENGWEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

開曼群島大開曼喬治鎮 268GT 信箱 斯科舍中心

Scotia Centre, P.O. Box 268GT, George Town, Grand Cayman, Cayman Islands

國 籍：(中文/英文) 開曼群島 / CAYMAN ISLANDS

三、發明人：(共 3 人)

1. 姓 名：(中文/英文)

張軍坦 / ZHANG, JUNTAN

國 籍：(中文/英文) 中國 / CHINA

2. 姓 名：(中文/英文)

李薰春 / LI, XUNCHUN

國 籍：(中文/英文) 中國 / CHINA

3. 姓 名：(中文/英文)

孫鳳文 / SUN, FENGWEN

國 籍：(中文/英文) 美國 / U.S.A.

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. PCT 專利合作條約；2006 / 9 / 18；PCT/CN2006/002423

2.

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及數位通信，且具體地涉及用於低密度奇偶校驗（Low Density Parity Check Code, LDPC）編碼的 16APSK 系統的位元映射方法。

【先前技術】

通信系統使用前向差錯控制（Forward Error Control, FEC）編碼以保證資料經雜訊通信通道的可靠傳輸。基於香農（Shannon）的理論，這些通信通道在確定的信號雜訊比（Signal to Noise Ratio, SNR）下具有以位元每符碼（symbol）表示的確定的容量，這被定義為香農限（Shannon limit）。通信和編碼理論中研究領域之一涉及設計以合理的複雜度提供逼近香農限性能的編碼方法。已經表明使用置信傳播（Belief Propagation, BP）解碼的 LDPC 碼具有可控的編碼和解碼複雜度，並能提供接近香農限的性能。

在最近 Yan Li 和 William Ryan 發表於 IEEE Communications Letters, vol. 9, no.1, January 2005 的名為“Bit-Reliability Mapping in LDPC-Codes Modulation systems (LDPC 碼調變系統中的位元可靠性映射)”的論文中，作者研究了採用 8PSK 的 LDPC 編碼的調變系統的性能。利用作者建議的位元可靠性映射策略，實現了超過非交錯方法大約 0.15 dB 的性能改進。而且作者還表明格雷映射比其他映射方法，比如自然映射，更加適於高階調變。

【發明內容】

本發明的多種實施例涉及 16APSK 調變系統中的位元映射方法。這些實施例的技術特別適合於與 LDPC 碼一起使用。

根據本發明的多種實施例，位元映射方法提供 LDPC 碼的良好門檻值。另外，位元映射方法能夠促進 16APSK 調變系統中交錯設置的設計。

根據本發明的多種實施例，所公開的位元映射提供 LDPC 編碼的 16APSK 系統的良好性能，且簡化 16APSK 系統中的交錯設置。

根據本發明的多種實施例，一種使用 FEC 碼的 16APSK 系統中位元映射的方法包括：從發射器發送數位信號；和在接收器接收數位信號，其中該數位信號利用具有 FEC 編碼的 16APSK 系統，且在發送之前根據本發明提供的公式位元映射該信號。

根據本發明的多種實施例，FEC 碼是規則 LDPC 碼。

根據本發明的多種實施例，FEC 碼是非規則 LDPC 碼。

根據本發明的多種實施例，FEC 碼是規則重複累積碼。

根據本發明的多種實施例，FEC 碼是非規則重複累積碼。

根據本發明的多種實施例，一種數位通信系統包括：發射器，發送數位信號；和接收器，接收數位信號；其中該數位信號利用具有 FEC 編碼的 16APSK 系統，且在發送之前根據本發明提供的公式位元映射該信號。

根據本發明的多種實施例，一種數位通信系統包括：發射器，發送數位信號；和接收器，接收數位信號；其中該數位信號利用具有 FEC 編碼的 16APSK 系統，且使用格雷映射位元映射該信號，且基於來自通信通道的對數似然比的值對該數位信號的位元排序。

【實施方式】

參考附圖，給出根據本發明各個實施例的使用 LDPC 碼的示例性編碼的位元映射方法的詳細描述。

雖然本發明是通過 LDPC 碼描述的，但是應該認識到可同樣在其他碼中使用該位元映射方法。另外，應該理解，可以在非編碼系統中實現該方法。

Gallager 在 60 年代首先描述 LDPC 碼。LDPC 碼性能非常逼近香農限。具有碼長度 N 和維度 K 的二進位 (N, K) LDPC 碼由 $(N-K)$ 行和 N 列的奇偶校驗矩陣 H 定義。矩陣 H 的大多數元素是零且僅少數元素是一，因此矩陣 H 是稀疏的。矩陣 H 的每行表示校驗和，且每列表示變數，例如，位元或符碼。Gallager 描述的 LDPC 碼是規則的，也就是，奇偶校驗矩陣 H 具有恒定的行重和列重。

規則的 LDPC 碼能夠擴展形成非規則的 LDPC 碼，其中行重和列重是變化的。非規則的 LDPC 碼由分別定義變數和校驗節點度分佈的度分佈多項式 (degree distribution polynomial) $v(x)$ 和 $c(x)$ 指定。更加具體地說，非規則 LDPC 碼可以定義如下：

$$v(x) = \sum_{j=1}^{d_{v\max}} v_j x^{j-1} \quad (1)$$

和

$$c(x) = \sum_{j=1}^{d_{c\max}} c_j x^{j-1} \quad (2)$$

其中變數 $d_{v\max}$ 和 $d_{c\max}$ 分別是最大變數節點度和校驗節點度，且 $v_j(c_j)$ 表示從度數為 j 的變數 (校驗) 節點發出的邊緣 (edge) 的分數 (fraction)。雖然非規則 LDPC 碼在表示和/或實現上比規則 LDPC 碼更加複雜，但是理論上和經驗上都已表明，具有適當選擇的度分佈的非規則 LDPC 碼優於規則 LDPC 碼。圖 1 說明了編碼字長度六的示例性非規則 LDPC 碼的奇偶校驗矩陣表示。

LDPC 碼還可由二分圖或 Tanner 圖表示。在 Tanner 圖中，被稱為變數節點 (或位元節點) 的一組節點對應於編碼字的位元，而被稱為約束節點 (或校驗節點) 的另一組節點對應于定義 LDPC 碼的一組奇偶校驗約束。位元節點和校驗節點通過邊連接，並且如果位元節點和校驗節點通過邊相連，則認為它們是鄰近或相鄰的。通常，假定一對節點通過最多一條邊連接。

圖 2 說明了如圖 1 所示的非規則 LDPC 碼的二分圖表示。

能夠以多種方式解碼 LDPC 碼，比如多數邏輯解碼和迭代解碼。因為其奇偶校驗矩陣的結構，LDPC 碼是可多數邏輯解碼的。雖然對於在奇偶校驗矩陣中具有相對高的列權重的一些類型的 LDPC 碼（例如，歐幾里德幾何 LDPC 和投影幾何 LDPC 碼），多數邏輯解碼需要最小的複雜度且能實現相當不錯的差錯性能，但是迭代解碼方法因為它們更好的性能對於複雜度的取捨（tradeoffs）而得到了更多的關注。不同於多數邏輯解碼，迭代解碼基於定義碼型的約束條件，通過對所接收符碼的回溯處理來提高每個符碼的可靠性。在第一次迭代中，迭代解碼器僅使用通道輸出作為輸入，並對每個符碼產生可靠性輸出。

隨後，將每次解碼迭代過程結束時對解碼符碼輸出的可靠性度量結果用作下一次迭代的輸入。解碼過程直到滿足停止條件時結束，之後基於來自最後一次迭代的解碼符碼輸出可靠性度量做出最後決定。根據在每次迭代期間使用的可靠性度量的不同特徵，迭代解碼演算法可被進一步劃分為硬式決定（hard decision）、軟式決定（soft decision）和混合決定（hybrid decision）演算法。對應的常用演算法分別是迭代位元翻轉（bit-flipping, BF），置信傳播（BP）和加權位元翻轉（weighted bit-flipping, WBF）解碼演算法。已經證明當相應的 Tanner 圖是非迴圈時，BP 演算法能夠實現最大似然解碼，因而其成為最流行的解碼方法。

LDPC 碼的 BP 是一種資訊傳遞解碼（message passing decoding）。沿著圖的邊發送的資訊是和對應於編碼字位元的變數節點相關聯的對數-似然比（log-likelihood ratio, LLR） $\log \frac{p_0}{p_1}$ 。在這個運算式中， p_0 和 p_1 分別表示相關位元值是 0 或 1 的機率。BP 解碼通常包括兩個步驟，水平步驟和垂直步驟。在水平步驟中，每個校驗節點 c_m 將基於除了來自位元 b_n 外所有進入校驗 c_m 的“位元-到-校驗”（bit-to-check）資訊計算而得的“校驗-到-位元”

(check-to-bit) 資訊，發送到相鄰節點 b_n 。在垂直步驟中，每個位元節點 b_n 將基於除了來自校驗節點 c_m 外所有進入位元 b_n 的“校驗-到-位元”資訊計算而得的“位元-到-校驗”資訊，發送到相鄰的校驗節點 c_m 。重複這兩個步驟直到找到可用的編碼字或達到最大的迭代次數。

因為其利用 BP 解碼的顯著性能，非規則 LDPC 碼對於很多應用都是最好的選擇之一。多種通信和存儲標準，比如 DVB-S2/DAB，有線線路 ADSL，IEEE802.11n 和 IEEE802.16 等，已經採用或正在考慮採用多種非規則 LDPC 碼。

LDPC 碼的門檻值 (threshold) 被定義為最小 SNR 值，在該值下，當編碼字長度趨於無窮時，能夠使位元差錯機率任意小。LDPC 碼門檻值的數值能夠由被稱為密度演化 (density evolution) 的分析工具確定。

密度演化的概念也能夠回溯到 Gallager 的結果。為確定 BF 解碼的性能，Gallager 推導了作為在迭代開始時的輸入位元錯誤率 (Bit Error Rate, BER) 的函數，每次迭代的輸出 BER 的計算公式，進而可迭代地計算出在給定迭代次數處的 BER。對於連續的字元表 (alphabet)，計算更加複雜。需要逐次計算出在位元和校驗節點之間交換的置信消息的機率密度函數 (pdf)，再基於這些 pdf 導出每次迭代的平均 BER。在校驗節點處理和位元節點處理中，每個出向置信資訊 (outgoing belief message) 是入向置信資訊 (incoming belief messages) 的函數。對於度 d_c 的校驗節點，每個出向資訊 U 能夠由 $d_c - 1$ 個入向資訊的函數表示，

$$U = F_c(V_1, V_2, \dots, V_{d_c-1})$$

其中， F_c 表示從 BP 解碼確定的校驗節點處理函數。類似的，對於度 d_v 的位元節點，每個出向資訊 V 能夠由 $d_v - 1$ 個入向資訊和通道置信資訊 U_{ch} 的函數表示，

$$V = F_V(U_{ch}, U_1, U_2, \dots, U_{d_v-1})$$

其中， F_V 表示位元節點處理函數。雖然對於校驗和位元節點處理，對於給定解碼演算法可以基於入向資訊的 pdf 導出出向資訊的 pdf，但是可能存在指數級的大量的入向資訊的可能形式。因此，密度演化處理看起來很難。幸運的是，已經證明對於給定資訊傳遞演算法和雜訊通道，如果滿足一些對稱條件，那麼解碼 BER 獨立於發送序列 x 。也就是說，基於對稱假定，全零發送序列 $x=1$ 的解碼 BER 和任意隨機選擇的序列的相同，因此能夠顯著簡化密度演化的推導。高效密度演化所需的對稱條件是通道對稱、校驗節點對稱和位元節點對稱。用於密度演化的另一假定是 Tanner 圖是非迴圈 (cyclic free) 的。

根據這些假定，到位元和校驗節點的入向資訊是獨立的，且因此能夠顯著簡化出向資訊的 pdf 的推導。對於具有實際作用的很多 LDPC 碼，相應的 Tanner 圖包括迴圈。當 LDPC 碼的 Tanner 圖中迴圈 (或圍長 (girth)) 的最小長度等於 4×1 時，那麼在利用標準 BP 解碼時第 1 個解碼迭代之後獨立假定不成立。但是，對於給定的迭代數，當碼長度增加時，對於增加的迭代數能夠滿足獨立條件。因此，密度演化可以預測一組 LDPC 碼的漸近性能，且所謂的“漸近”特性需就碼長度的意義而言。

圖 5 是根據本發明的各個實施例，採用具有 16APSK 調變的 LDPC 碼的通信系統的示例圖。示例性的通信系統包括發射器 501，該發射器產生信號波形經通信通道 502 到接收器 503。發射器 501 包括用於產生離散的一組可能的資訊的資訊源。這些資訊均對應於一信號波形。該波形進入通道 502 且被雜訊破壞。採用 LDPC 碼以減少由通道 502 引入的干擾，且採用 16APSK 調變方法以將 LDPC 編碼的位元轉換為信號波形。

圖 6 描述了圖 5 的通信系統中的示例性發射器，該發射器採用 LDPC 碼和 16APSK 調變。LDPC 編碼器 602 將來自資訊源 601

的資訊位元編碼為 LDPC 編碼字。從每個資訊塊到每個 LDPC 編碼字的映射由 LDPC 碼的奇偶校驗矩陣（或等效的生成矩陣）確定。由交錯器/調變器 603 基於 16APSK 位元映射方法將 LDPC 編碼字交錯和調變為信號波形。這些信號波形被發送到發射天線 604 並傳播到如圖 7 所示的接收器。

圖 7 描述了圖 5 的示例性接收器，該接收器採用 LDPC 碼和 16APSK 解調器。由接收天線 701 接收信號波形，並將其分發到解調器/解交錯器 702。由解調器解調並由解交錯器解交錯信號波形，之後將其分發到迭代地解碼接收到的消息的 LDPC 解碼器 703，並輸出對發送的編碼字的估計。解調器/解交錯器 702 採用的 16APSK 解調規則應該和交錯器/調變器 603 採用的 16APSK 調變規則匹配。

根據本發明的各個實施例，如圖 3 所示，示例性的 16APSK 位元到符碼映射電路每次操作使用四個位元(b_{4i} , b_{4i+1} , b_{4i+2} , b_{4i+3})，並將它們映射到 I 值和 Q 值，其中 $i=0, 1, 2, \dots$ 。位元映射邏輯如圖 4 所示。根據本發明的各個實施例，位元的映射由下式定義：

$$(I(i), Q(i)) = \begin{cases} (R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,1) \\ (R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,1) \end{cases}$$

其中， $R1$ 是內環的半徑而 $R2$ 是外環的半徑。

根據本發明的各個實施例，圖 4 的位元映射方法使用格雷映射，意味著相鄰點的二進位表示僅有一個位元不同。密度演化分析顯示，給定 LDPC 編碼的 16APSK 系統，示例性的格雷映射方法能夠提供最好的門檻值。圖 4 的位元映射方法還以基於來自通信通道的對數似然比的值的順序排列位元。這種處理簡化了 16APSK 系統的交錯方法的設計。

雖然通過示例性實施例的方式描述了本發明，應該理解在本發明的精神和範圍中可做出多種其他變化和修改。因此，本發明申請專利範圍的目的是覆蓋所有在本發明的真正精神和範圍中的這些修改和變更。

【圖式簡單說明】

在相應附圖中，通過實例的方式，而不是通過限定的方式說明本發明。在附圖中相同的附圖標記表示相似的部分，在附圖中：

圖 1 是編碼字長度六的示例性非規則 LDPC 碼的奇偶校驗矩陣表示；

圖 2 說明了如圖 1 所示的非規則 LDPC 碼的二分圖表示；

圖 3 說明了根據本發明的各個實施例，在 16APSK 調變中的位元映射功能模組；

圖 4 說明了根據本發明的各個實施例，用於 16APSK 符碼的位元映射；

圖 5 說明了根據本發明的各個實施例，採用 LDPC 碼和 16APSK 調變的通信系統的實例；

圖 6 說明了根據本發明的各個實施例，採用圖 5 中的 16APSK 調變的發射器的實例；和

圖 7 說明了根據本發明的各個實施例，採用圖 5 中的 16APSK 調變的接收器的實例。

【主要元件符號說明】

發射器 501

通信通道 502

接收器 503

資訊源 601

LDPC 編碼器 602

交錯器/調變器 603

發射天線 604

天線 701

解調器/解交錯器 702

LDPC 解碼器 703

五、中文發明摘要：

一種數位通信系統，該系統具有發送數位信號的發射器；和接收該數位信號的接收器；其中該數位信號利用 16APSK 系統，且使用格雷映射 (gray mapping) 來位元映射該信號，且基於來自通信通道的對數似然比的值排序該數位信號的位元。

六、英文發明摘要：

A digital communication system, having a transmitter to transmit a digital signal; and a receiver to receive the digital signal; wherein the digital signal utilizes a 16APSK system, and the signal is bit-mapped using gray mapping, and bits of the digital signal are ordered based on the values of a log likelihood ratio from a communications channel.

十、申請專利範圍：

1、一種 16APSK 系統中的數位映射方法，該方法包括：

從發射器發送數位信號；和

在接收器接收該數位信號；

其中該數位信號在發送之前根據下面公式來進行位元映射，其中 R1 是內環的半徑而 R2 是外環的半徑：

$$(I(i), Q(i)) = \begin{cases} (R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,1) \\ (R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,1) \end{cases}$$

2、如申請專利範圍第 1 項所述之 16APSK 系統中的數位映射方法，其中，該系統使用 FEC 碼。

3、一種數位通信系統，包括：

發送數位信號的發射器，

其中，該數位信號使用具有 FEC 編碼的 16APSK 系統，且使用格雷映射來對該信號進行位元映射，並且基於來自通信通道的對數似然比的值對該數位信號的位元進行排序。

- 4、如申請專利範圍第 3 項所述之數位通信系統，其中，該 FEC 碼是規則 LDPC 碼。
- 5、如申請專利範圍第 3 項所述之數位通信系統，其中，該 FEC 碼是非規則 LDPC 碼。
- 6、如申請專利範圍第 3 項所述之數位通信系統，其中，該 FEC 碼是規則重複累積碼。
- 7、如申請專利範圍第 3 項所述之數位通信系統，其中，該 FEC 碼是非規則重複累積碼。
- 8、一種數位通信系統，包括：

發射器，用於發送數位信號，其中對於 $i=0, 1, 2, \dots$ ，該發射器基於下面的公式將至少一個四位元 ($b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}$) 的映射組調變為 16APSK 符碼：

$$(I(i), Q(i)) = \begin{cases} (R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,1) \\ (R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,1) \end{cases}$$

其中，R1 是內環的半徑而 R2 是外環的半徑。

9、一種數位通信系統，包括：

接收器，用於接收數位信號，其中該接收器包括解調器，對於 $i=0, 1, 2, \dots$ ，基於下面的 16APSK 定義將 16APSK 符碼映射為由四位元組 $(b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3})$ 組成的信息估值：

$$(I(i), Q(i)) = \begin{cases} (R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,0,1,1) \\ (R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,0,1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0,1,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,0,1,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,0,1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1,1,1,1) \end{cases}$$

其中，R1 是內環的半徑而 R2 是外環的半徑。

10、一種存儲電腦程式的電腦可讀媒體，在該電腦程式中，對於 $i=0, 1, 2, \dots$ ，一種 16APSK 調變過程基於下面的公式將四位元組 $(b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3})$ 映射為 16APSK 符碼：

$$(I(i), Q(i)) = \begin{cases} (R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 0, 0, 0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 0, 0, 1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 0, 1, 0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 0, 1, 1) \\ (R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 1, 0, 0) \\ (R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 1, 0, 1) \\ (R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 1, 1, 0) \\ (R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (0, 1, 1, 1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), -R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 0, 0, 0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), -R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 0, 0, 1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), -R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 0, 1, 0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), -R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 0, 1, 1) \\ (-R_2 \sin(\pi/12), R_2 \cos(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 1, 0, 0) \\ (-R_1 \sin(\pi/4), R_1 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 1, 0, 1) \\ (-R_2 \sin(\pi/4), R_2 \cos(\pi/4)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 1, 1, 0) \\ (-R_2 \cos(\pi/12), R_2 \sin(\pi/12)), & (b_{4i}, b_{4i+1}, b_{4i+2}, b_{4i+3}) = (1, 1, 1, 1) \end{cases}$$

其中， R_1 是內環的半徑而 R_2 是外環的半徑。

200816650

十一、圖式：

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

圖 1

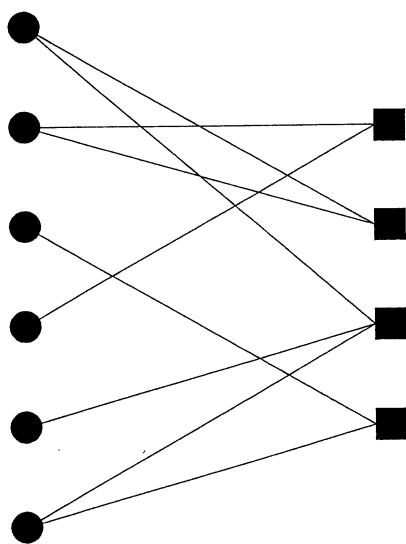


圖 2

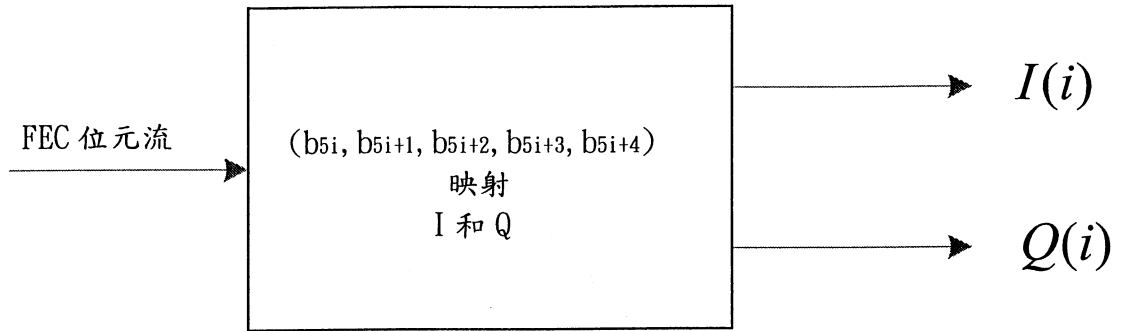


圖 3

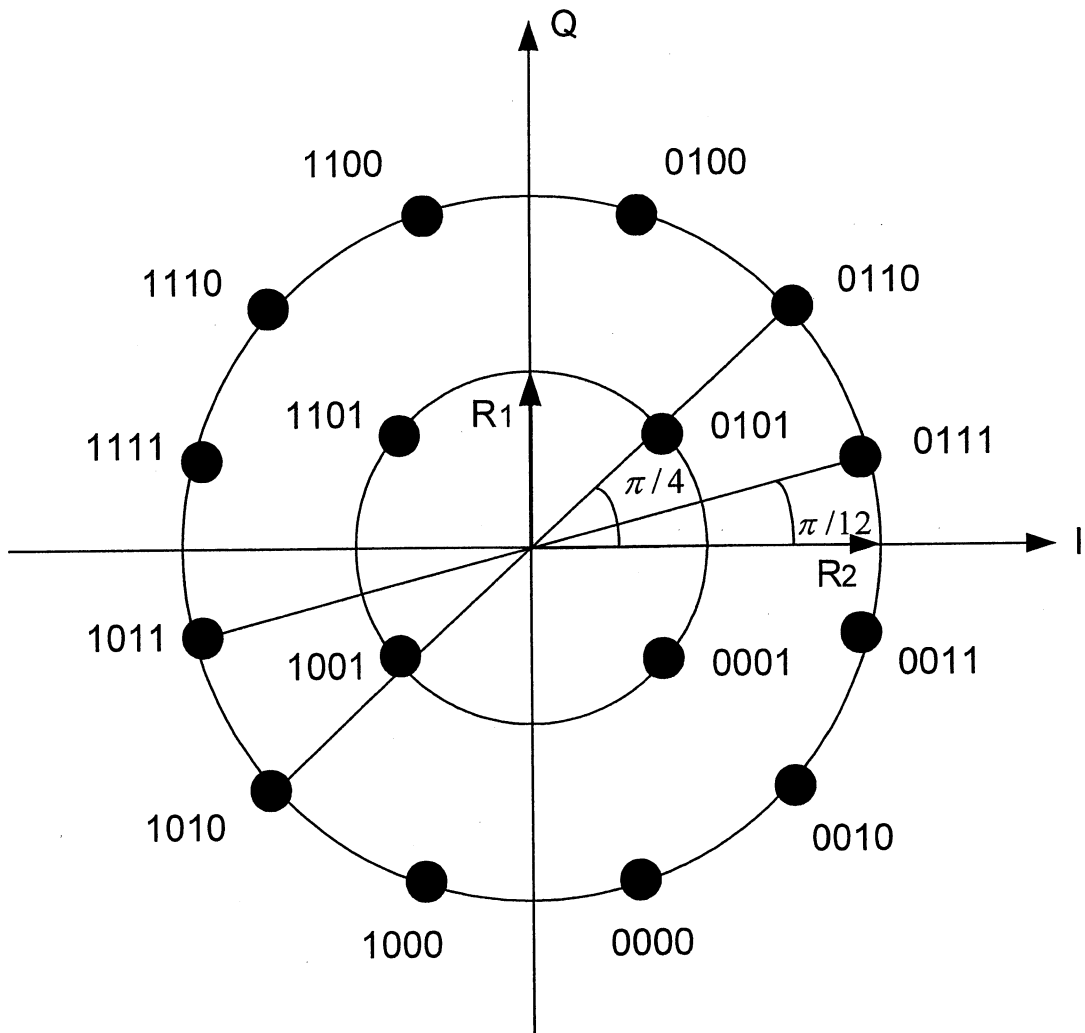


圖 4

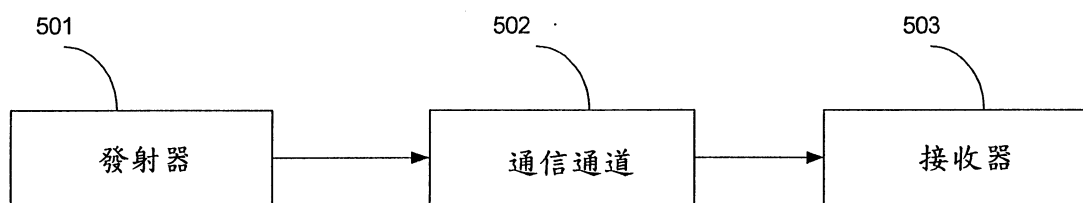


圖 5

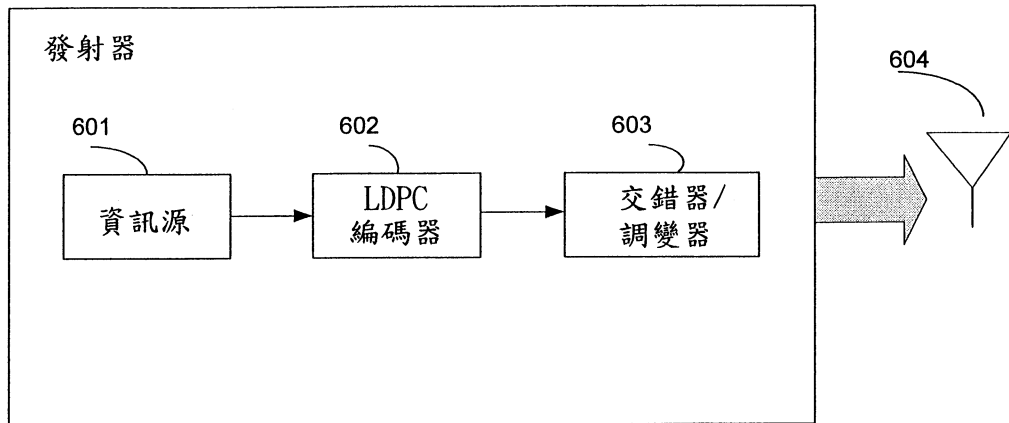


圖 6

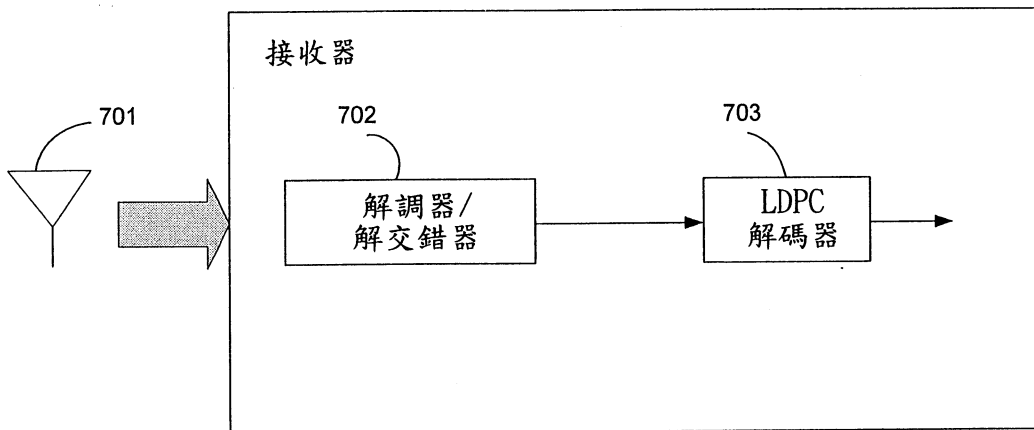


圖 7

七、指定代表圖：

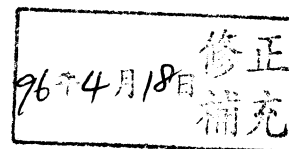
(一)本案指定代表圖為：第(三)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(本代表圖無元件符號)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。



發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96107912

※ 申請日期：

※IPC 分類：H03M 13/11 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

數位通信系統及用於低密度奇偶校驗編碼的 16APSK 系統的位元映射方法
BIT MAPPING SCHEME FOR AN LDPC CODED 16APSK SYSTEM

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

中天聯科科技有限公司 / AVAILINK INC

代表人：(中文/英文) 孫鳳文 / SUN, FENGWEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國馬德里州 20874 傑曼鎮世紀大道 20201 號 160 室
20201 Century Blvd., Suite 160, Germantown, MD 20874, U.S.A.

國 籍：(中文/英文) 開曼群島 / CAYMAN ISLANDS

三、發明人：(共 3 人)

1. 姓 名：(中文/英文)

張軍坦 / ZHANG, JUNTAN

國 籍：(中文/英文) 中國 / CHINA

2. 姓 名：(中文/英文)

李薰春 / LI, XUNCHUN

國 籍：(中文/英文) 中國 / CHINA

3. 姓 名：(中文/英文)

孫鳳文 / SUN, FENGWEN

國 籍：(中文/英文) 美國 / U.S.A.